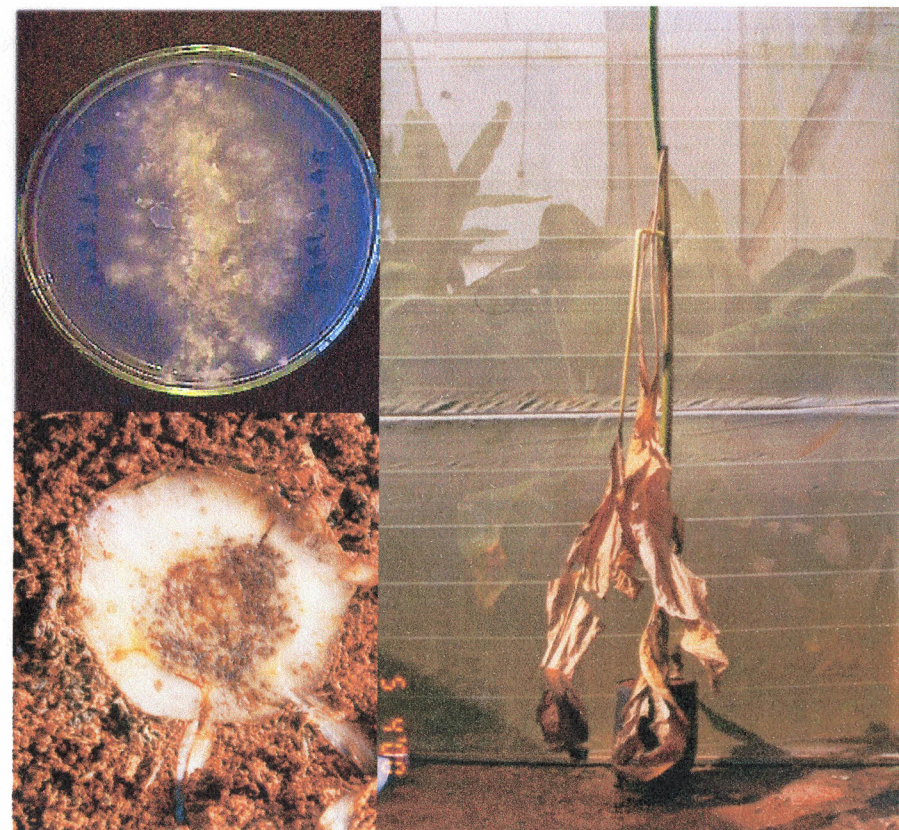


**O Uso das Técnicas de
Compatibilidade Vegetativa e
de Patogenicidade na
Caracterização de Isolados de
Fusarium oxysporum f. sp.
*cubense***



República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

Marcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

José Honório Accarini
Sergio Fausto
Dietrich Gerhad Quest
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Bonifácio Hideyuki Nakasu
Dante Daniel Giacomelli Scolari
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores-Executivos

Embrapa Amapá

Arnaldo Bianchetti
Chefe-Geral

Antônio Carlos Pereira Góes
Chefe-Adjunto de Administração

Nagib Jorge Melém Júnior
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento



Empresa brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agroflorestal do Amapá
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1517-4859
Dezembro, 2001

Documentos 34

**O Uso das Técnicas de
Compatibilidade Vegetativa e de
Patogenicidade na Caracterização de
Isolados de *Fusarium oxysporum* f.
sp. *cubense***

Jurema do Socorro Azevedo Dias

Macapá, AP
2001

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Amapá

Endereço: Rodovia Juscelino Kubitschek, km 05, CEP-68.903-000,
Caixa Postal 10, CEP-68.906-970, Macapá, AP

Fone: (96) 241-1551

Fax: (96) 241-1480

Home page: <http://www.cpfap.embrapa.br>

E-mail: sac@cpfap.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Nagib Jorge Melém Júnior

Secretária: Solange Maria de Oliveira Chaves Moura

Membros: Edyr Marinho Batista, Gilberto Ken-Iti Yokomizo, Raimundo
Pinheiro Lopes Filho, Silas Mochiutti, Valéria Saldanha Bezerra.

Supervisor Editorial: Nagib Jorge Melém Júnior

Revisor de texto: Elisabete da Silva Ramos

Normalização bibliográfica: Maria Goretti Gurgel Praxedes

Foto da capa: Jurema do Socorro Azevedo Dias

Editoração Eletrônica: Otto Castro Filho

1ª Edição

1ª Impressão 2001: tiragem 150 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Amapá

Dias, Jurema do Socorro Azevedo.

O Uso das técnicas de compatibilidade vegetativa e de patogenicidade na
caracterização de isolados de *fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* / Jurema
do Socorro Azevedo Dias. - Macapá: Embrapa Amapá, 2001.

14p. ; 21 cm (Embrapa Amapá. Documentos, 34).

ISSN 1517-4859

1. Doença de planta. 2. Mal do Panamá. 3. *fusarium oxysporum* f. sp.
cubense. 4. Fungo. I. Título. II. Embrapa Amapá. III. Série.

CDD: 632.3

© Embrapa - 2001

Autor

Jurema do Socorro Azevedo Dias

Eng. Agr., M. Sc., Rodovia Juscelino Kubitschek,
km 05, CEP-68.903-000, Caixa Postal 10,
CEP-68.906-970, Macapá, AP (96) 241-1551,
sac@cpfap.embrapa.br

Apresentação

A fitopatologia com o crescente desenvolvimento da fruticultura no Brasil representa uma área de grande importância entre várias outras, pois com a expansão das lavouras há uma pressão de seleção sobre os mais diversos fitopatógenos, que podem atingir grandes níveis de danos ao agricultor, inviabilizando sua produção. Com isso a Embrapa Amapá também deve priorizar esforços nesta área, devido a fruticultura representar um dos maiores potenciais econômicos no Amapá.

A fitopatologia é dividida em diferentes áreas, como a diagnose e o controle, a micologia, a bacteriologia, a virologia, a epidemiologia, a fisiologia, a genética de microrganismos e o manejo integrado, auxiliadas por diversas técnicas que vêm sendo desenvolvidas para a compreensão da relação patógeno:hospedeiro, como o manejo adequado e o uso de cultivares resistentes, entre outras técnicas, mudando com isso, o sistema tradicional baseado no uso de defensivos agrícolas nem sempre eficientes e com alto nível de poluição.

Deste modo, o presente documento deseja apresentar informações referentes ao patógeno *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, causador do mal-do-Panamá, sua variabilidade, através da compatibilidade genética entre outros tópicos que possam fornecer informações para subsidiarem estudos sobre esta importante doença.

Gilberto Ken-Iti Yokomizo
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Sumário

| | |
|---|----|
| O Uso das Técnicas de Compatibilidade Vegetativa e de Patogenicidade na Caracterização de Isolados de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> | 9 |
| Introdução..... | 9 |
| Murcha de <i>Fusarium</i> | 11 |
| Variabilidade em <i>Fusarium Oxysporum</i> f. sp. <i>Cubense</i> (FOC)..... | 12 |
| Compatibilidade vegetativa aplicada ao estudo da variabilidade de <i>f. oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> (foc)..... | 13 |
| Caracterização patogênica de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> (FOC)... | 15 |
| Considerações Finais..... | 16 |
| Referências Bibliográficas..... | 17 |
| Glossário..... | 21 |

O Uso das Técnicas de Compatibilidade Vegetativa e de Patogenicidade na Caracterização de Isolados de *fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*

Jurema do Socorro Azevedo Dias

Introdução

No cenário mundial, 85% da produção de banana está concentrada nos continentes Asiático e Americano. Entre os países maiores produtores, a Índia ocupa a primeira posição, o Brasil a segunda e, muito próximo, em terceiro lugar, está o Equador, seguido pela China, Filipinas e Indonésia. A produção mundial de banana torna-se crescente, atingindo uma média de 49,34% no período compreendido entre 1979 e 1996. No Brasil, em 1997, a produção encontrava-se assim distribuída: Região Nordeste 37,38%; Região Sudeste 26,39%; Região Norte 18,84%; Região Sul 11,50%; e Centro-Oeste 5,89% e entre os estados maiores produtores, destacavam-se a Bahia, São Paulo, Pernambuco, Santa Catarina e Minas Gerais (CNPMPF, 1997). Porém, segundo o Ministério da Agricultura e do Abastecimento, em 2001, a produção por estado estava assim distribuída: Pará, com 13,6%; São Paulo, com 12%; Bahia, com 10% e o Amazonas, com 8,5% da produção (BRASIL...,2000).

A bananicultura está entre as atividades agrícolas de maior expressão econômica e social no Brasil. As estatísticas apontam para uma produção nacional em torno de seis milhões de toneladas ao ano e uma área plantada ao redor de quinhentos mil hectares. Das seis milhões de toneladas de frutas de bananas produzidas anualmente, apenas 12.492 foram exportadas em 1995 (CNPMPF,1997), colocando os brasileiros entre os maiores consumidores mundiais desta fruta. Descontadas, a exportação e perdas (cerca de 30%) chega-se a uma cifra de aproximadamente quatro milhões de toneladas efetivamente consumidas anualmente no Brasil.

No âmbito do seu cultivo, a bananeira é afetada por diversos problemas fitossanitários causados por fungos, bactérias, vírus, nematóides e insetos. Dentre estes, os fungos são os agentes infecciosos mais importantes, causando doenças como Mal-do-Panamá, Sigatoka amarela, Sigatoka negra e diversas outras de menor importância, além das manchas e podridões em frutos.

O Mal-do-Panamá ou Murcha de *Fusarium* da banana é uma das mais destrutivas doenças de plantas tropicais e, dentre os aspectos fitossanitários no Brasil, destaca-se como a doença que tem se disseminado com maior intensidade, incluindo-se entre os problemas mais sérios que afligem os produtores de banana. No âmbito internacional seu destaque é cada vez mais crescente pelo fato, da doença haver provocado mudanças radicais, tanto na bananicultura como nos hábitos dos consumidores de todo o mundo. Devido a isso, muitas cultivares susceptíveis, como a Gros Michel e a Maçã, foram necessariamente substituídas por variedades resistentes ou tolerantes, dentre as várias tentativas de se controlar a doença (Ploetz, 1993a; Silva, 1997).

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* (FOC) é um patógeno altamente variável, apresentando as raças 1, 2 e 4, que atacam a bananeira. Diversas técnicas têm sido utilizadas para estudar a variabilidade de populações de FOC em diversos países, onde as cultivares que apresentam reações de susceptibilidade a uma determinada raça são usadas como indicadoras nas avaliações. Entretanto, somente o uso deste método não possibilita o agrupamento de isolados do patógeno em raças. Atualmente, metodologias mais seguras, baseadas no estudo de grupos de compatibilidade vegetativa (VCGs) ou ainda no uso de marcadores moleculares, têm sido empregadas na identificação de raças deste fungo. Portanto, a determinação da variabilidade genética, assim como o conhecimento da diversidade de isolados de FOC e o controle genético da resistência devem anteceder qualquer programa de melhoramento genético e seleção de cultivares de bananas resistentes ao FOC (Ploetz, 1993b; Bentley et al., 1994; Cordeiro, 1997a; Silva-Hanlin, 1999).

Em relação ao Brasil, com base em uma coleção mundial, Ploetz (1993b) afirma a existência de 13 VCGs, porém sem a identificação de raças, embora, Bentley et al. (1994) e Cordeiro (1997a) afirmem que a raça 1 esteja distribuída por todas as áreas produtoras de banana. Porém, a quebra de resistência sobre cultivares de banana do subgrupo Cavendish, no Estado de São Paulo, levanta questionamentos quanto ao estado racial do patógeno neste país como o trabalho de Alves et al. (1987) citado por Ploetz (1993c) e o de Ventura et al. (1983).

Murcha de *Fusarium*

O primeiro registro de Murcha de *Fusarium* no mundo, foi feito na cultivar Sugar em Queensland, por Bancroft em 1874, na região de Brisbane, Austrália (Stover, 1993).

O nome doença do Panamá foi originalmente usado na literatura por Rorer (1911) e Drost (1912), citados por Pegg & Langdon (1987), porque no Panamá, a partir de 1910, a murcha causada pelo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC) tornou-se epidêmica, causando a destruição dos bananais da cultivar Gros Michel. Posteriormente, a raça 1 deste fungo foi progressivamente atingindo as plantações da cultivar Gros Michel, em todos os países produtores da América Central e do Caribe, prejudicando o mercado de exportação nos trópicos de 1940 e 1950. Como consequência a cultivar susceptível Gros Michel, foi substituída por cultivares do subgrupo Cavendish que permaneceram resistentes à raça 1, nos trópicos. Entretanto, uma nova raça emergiu quebrando esta resistência nas regiões subtropicais, sendo designada como raça 4. Por ter uma distribuição limitada, a raça 4, tem sido registrada somente na Austrália, África do Sul, Ilhas Canárias, Filipinas e Taiwan.

A Murcha de *Fusarium* tem sido relatada em todas as regiões produtoras do mundo, com exceção das Ilhas do sul do Pacífico, incluindo Papua, Nova Guiné e a maior parte da ilha de Borneo, Somália e países ao redor do mediterrâneo (Stover & Simmonds, 1987, citados por Ploetz et al., 1993b).

No Brasil, a Murcha de *Fusarium*, foi relatada em Piracicaba, no Estado de São Paulo, no ano de 1930. Esta doença tornou difícil a produção contínua de banana e reduziu a importância do clone mais susceptível, a cultivar Maçã (AAB), por todo o país. Consequentemente, esta cultivar foi erradicada em São Paulo, Espírito Santo, Triângulo Mineiro e Goiás. A raça 1 do patógeno prevalece no país, mas a quebra de resistência sobre cultivares de banana do subgrupo Cavendish, no Estado de São Paulo, levantou questionamentos quanto ao estado racial do patógeno no Brasil. Deste modo, pesquisas são necessárias para esclarecer a estrutura racial do patógeno e suas causas, como o trabalho de Alves et al. (1987) e Ventura et al. (1983) citados por Ploetz et al. (1993c).

São conhecidas quatro raças fisiológicas do patógeno, das quais a 1, 2 e 4 são patogênicas em bananeira e a raça 3, é patogênica apenas em *Heliconia* sp. A forma mais simples de diferenciação das raças seria mediante o uso de variedades indicadoras, segundo as quais a variedade Gros Michel é tida como indicadora da raça 1; a Bluggoe é indicadora da raça 2; e as variedades do subgrupo Cavendish são indicadoras da raça 4 (Stover & Malo, 1972; Sun et al., 1978). Porém, de acordo com tentativas feitas pelo CNPMF, o uso de variedades indicadoras não tem funcionado a contento para agrupar isolados do patógeno

em raças (CNPMF, 1997). Isto, talvez, deva-se à forma de como o teste de patogenicidade tenha sido realizado, uma vez que plantas de diversas cultivares são colocadas em um campo naturalmente infestado e que vários outros fatores podem influenciar nos resultados.

Até o momento, os esforços no sentido de controlar o Mal-do-Panamá por via química, inundações ou práticas culturais não produziram os resultados esperados. O destaque tem sido dado ao uso de variedades resistentes, principalmente às do subgrupo Cavendish, as quais têm sido afetadas pela raça 4 do patógeno, embora a ocorrência em cultivares resistentes, no Brasil, não tenha sido caracterizada como uma nova raça (Cordeiro, 1997a).

Variabilidade em *Fusarium Oxysporum* f. sp. *Cubense* (FOC)

As relações patógeno: hospedeiro são marcadas por íntimas interações geneticamente controladas, de tal modo que variações genéticas na população de um dos componentes são acompanhadas por variações genéticas na população do outro segundo Camargo (1995), citado por Cordeiro (1997b). Este mecanismo é conhecido como coevolução e significa que patógeno e hospedeiro estão em constante adaptação evolutiva, ou seja, o lançamento de um mecanismo novo de defesa no hospedeiro (introdução de uma cultivar resistente, por exemplo) é normalmente acompanhado por uma subsequente evolução de um mecanismo complementar de ataque no patógeno ou vice-versa. Uma das condições essenciais para que a coevolução se processe é a existência de variabilidade genética tanto do patógeno quanto do hospedeiro. Coevolução implica em seleção, e uma vez que a seleção se processa, por meio da variabilidade genética, pode-se dizer que populações com alta variabilidade respondem melhor aos agentes seletivos, ou seja, adaptam-se melhor às mudanças do ambiente.

A variabilidade genética em fungos pode ocorrer: a) por mutação, o principal mecanismo gerador de novos genes, uma vez que permite a criação de novas seqüências nucleotídicas, por recombinação meiótica ou reprodução sexuada, destacando-se como o principal mecanismo amplificador da variabilidade; b) por recombinação parassexual, a qual pode explicar diversos fenômenos em fitopatologia, incluindo a emergência de novas raças fisiológicas. Isto porque muitas espécies fitopatogênicas, a exemplo do fungo *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* não possuem o ciclo sexual, assim o ciclo parassexual passa a ser uma importante fonte de variação destas, resultando na formação de recombinantes mitóticos; c) por herança citoplasmática, oriunda de genes presentes em organelas citoplasmáticas, os quais podem funcionar como determinantes de patogenicidade ou virulência, quando dois citoplasmas se fundem; e d) por heterocariose (Azevedo, 1976).

De acordo com Stakman e Christensen (1960), citados por Cordeiro (1997b), dois dos maiores obstáculos para a produção e manutenção de variedades resistentes são a multiplicidade de requerimentos para uma satisfatória variedade e a multiplicidade de raças fisiológicas em vários patógenos. Desde que os VCGs definem subpopulações geneticamente isoladas de fungos patogênicos de plantas, resultados de estudos sobre compatibilidade vegetativa promovem informações sobre diversidade genética em uma dada espécie. Stover (1962) demonstrou que, de 152 isolados de FOC de 19 países, 13 foram colocados em diferentes VCGs, confirmando a alta variabilidade do patógeno. Estudos posteriores sobre compatibilidade vegetativa corroboraram esta informação (Ploetz & Correll, 1988; Ploetz, 1990).

A raça 1 foi detectada há cerca de 80-100 anos e o seu tempo de reconhecimento, ampla distribuição geográfica e representação em pelo menos sete diferentes VCGs sugerem que esta raça possa ter tido mais de três origens independentes. O reconhecimento da raça 4 por ter ocorrido somente nos últimos 15 anos e sua distribuição geográfica e representação no antigo VCG 0120 pode ser um indicativo de uma origem mais restrita do que a da raça 1 (Stover, 1962; Ploetz, 1990; Su et al, 1986).

Compatibilidade vegetativa aplicada ao estudo da variabilidade de *f. oxysporum* f. sp. *cubense* (foc)

A Murcha de Fusarium da bananeira, comumente referida à doença Mal do Panamá, é causada por *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f. sp. *cubense* (E. F. Sm.) W. C. Snyder e H. N. Hans. Isolados deste fungo têm sido previamente caracterizados por marcadores morfológicos, bioquímicos e genéticos.

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense*, não possui fase sexuada e desta forma, o uso da técnica de compatibilidade vegetativa como um marcador genético estável dentro de fungos assexuados, gerou um renovado interesse na sistemática desta forma especial, promovendo um grande avanço na sistemática genética deste fungo, por caracterizar grupos específicos baseados na genética do mesmo e não na interação patógeno-hospedeiro. A compatibilidade vegetativa é determinada pela habilidade de mutantes auxotróficos não utilizadores de nitrato (nit), complementarem com outros para a utilização do nitrato (Correll et al, 1987), sendo que a maior dificuldade na identificação de VCGs, consiste em determinar quais os isolados que são compatíveis com os outros. E, a melhor evidência desta técnica é obtida por forçar a formação de um heterocário prototrófico, através da anastomose de hifas entre dois mutantes auxotróficos complementares, o que até então, somente era feito utilizando-se um agente mutagênico, a exemplo da luz ultravioleta (Adams et al., 1987; Dales et al., 1977 e Ferenczy et al., 1977; citados por Leslie, 1993a).

Correntemente, pelo menos 20 VCGs têm sido descritos para esta forma *specialis*. A maioria dos isolados pertence a dois maiores VCGs que têm uma distribuição pantropical, em que cada um contém mais de uma raça do patógeno. VCGs menores foram encontrados tendo uma distribuição geográfica mais limitada. Para um organismo que se reproduz assexuadamente, como *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, geralmente os isolados dentro de um VCG são geneticamente similares e representam populações clonais (Jacobson et al., 1991; Ploetz, 1993a).

Com base no trabalho de Puhalla (1985), as observações entre interações de hifas fundiram-se com a teoria genética desenvolvida por modelos dos gêneros *Neurospora* e *Aspergillus*. Esta fusão, tem sido explorada em estudos de *F. oxysporum* para determinar a relação genética de isolados que pertençam à mesma raça ou forma especial, pois o exame de numerosas forma *specialis* de *F. oxysporum* revela que a relação entre forma, raça e VCG pode variar de simples a complexa, dependendo da forma especial em particular (Correll et al, 1986; Correll et al, 1987 e Correll, 1991).

Ploetz (1994) afirma que diversas evidências são utilizadas para explicar a ocorrência de VCGs em FOC. Em primeiro lugar, a diversidade de VCGs em FOC é geralmente alta para uma forma especial de *F. oxysporum*. Outras forma especial desta espécie contêm apenas quatro ou menos VCGs (Correll, et al., 1986), enquanto que existem pelo menos 20 VCGs em FOC, presumindo ser esta uma indicação da idade do patossistema FOC:banana (Ploetz, 1994). Em segundo lugar, a maioria dos VCGs descritos são encontrados na Ásia, com exceção dos VCGs 01210, 01212 e 01214. Poucos são encontrados nas Américas e África, sugerindo que o movimento de FOC destas regiões seja incomum. Em terceiro lugar, segundo o autor, um número reduzido de países apresentando uma única raça são representativos dentro da maioria dos VCGs, embora os VCGs 0120 e 0124/0125 sejam compostos por pelo menos duas raças dentre 10 e 15 países, respectivamente, sugerindo que estes últimos VCGs sejam compostos de populações mais antigas de FOC (Ploetz, 1990), as quais teriam tido maiores oportunidades para se disseminar e talvez pudessem ter dado origem a alguns dos VCGs pouco distribuídos ou a novos VCGs. Com base em uma coleção mundial, Ploetz (1993b) afirma a existência de 13 VCGs, dentre os quais, seis isolados têm origem no Estado da Bahia e estão agrupados em três VCGs, porém sem a identificação de raças, apesar de Bentley et al. (1994) e Cordeiro (1997a) afirmarem que a raça 1 esteja distribuída por todas as áreas produtoras de banana. Entretanto, a quebra de resistência sobre cultivares de banana do subgrupo Cavendish, no Estado de São Paulo, levanta questionamentos quanto ao estado racial do patógeno no Brasil (Alves et al., 1987 e Ventura et al., 1983 citados por Ploetz, 1993c).

Dias (2000), utilizando seis isolados de FOC, de diferentes estados brasileiros, um da Bahia, dois de Minas Gerais, um de Pernambuco, um do Pará e um do Amazonas, conseguiu agrupá-los em dois VCGs. No VCG 1, foram agrupados os isolados da Bahia, de Minas Gerais e de Pernambuco e no VCG 2, os isolados do Pará e do Amazonas, os quais após teste de patogenicidade, com exceção do isolado de Pernambuco, tiveram suas raças identificadas como a raça 1. utilizando cultivares de bananeiras, diferenciadoras de raças do patógeno, chegou à conclusão que dos seis isolados, somente o isolado de Pernambuco, não pode ter sua raça identificada como a raça 1, confirmando assim, as colocações feitas anteriormente por Bentley et al. (1994) e Cordeiro (1997a), quanto à presença da daquela raça no Brasil.

Caracterização patogênica de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC)

A Murcha de *Fusarium* de espécies de *Musa* e *Heliconia* é considerada uma das mais destrutivas doenças de plantas (Stover, 1972 citado por Ploetz, 1988). Quatro raças do patógeno *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *cubense* (E. F. Smith) Snyd. e Hans. (FOC) que causam a doença são reconhecidas mundialmente (Stover e Buddenhagen, 1986; Sun & Su, 1984).

A raça 1 ocorre na maioria das regiões produtoras de banana e foi responsável por dizimar o largo plantio da cultivar Gros Michel nos trópicos americanos durante a década de 90. A raça 4 é atualmente conhecida por ocorrer em algumas áreas do hemisfério oriental: Ilhas Canárias; Província de Mindanao, Filipinas; Queensland, Austrália; África do Sul; e Taiwan. A grande variedade de cultivares atacadas pela raça 4 inclui todas aquelas comercialmente utilizadas e as do subgrupo Cavendish, promovendo um novo problema para o mercado que depende de cultivares aceitáveis comercialmente e com resistência ao Mal-do-Panamá. Estratégias têm sido discutidas para o desenvolvimento de cultivares resistentes à raça 4, que possam substituir o subgrupo Cavendish. Porém, a falta de informações sobre a genética que governa a virulência entre diferentes cepas da raça 4 aparece como obstáculo para se chegar a tal objetivo. É possível que a raça 4, bem como outras, de diferentes regiões geográficas, tenham diferentes genes para virulência. Assim sendo, trabalhos sobre a identificação e caracterização da diversidade genética neste patógeno são necessários (Stover & Buddenhagen, 1986; Su et al. 1986).

O termo raça, quando aplicado ao FOC, não implica em uma relação genética definida com o hospedeiro, como ocorre com outros patossistemas. Raças são grupos de linhagens que têm demonstrado ser patogênicos a um particular hospedeiro no campo. Portanto, fica evidente que existem variações patogênicas dentro de cada uma das três raças que afetam a banana. E, desse modo, outras raças de FOC poderão aparecer, se cultivares hospedeiras forem incluídas no reconhecido grupo diferencial (Pegg et al., 1996).

Patogenicidade, segundo Nelson (1973) é a habilidade de um organismo em causar doença em determinados membros de uma espécie. Porém, a herança de resistência na bananeira ainda não está definida e para que se obtenha sucesso na geração e seleção para resistência, com base em uma escala internacional, é necessário um maior conhecimento do patógeno e de sua variabilidade, a respeito do leque de hospedeiros, das raças fisiológicas, do grau de virulência e da agressividade (Pegg e Langdon, 1987).

Segundo Wheeler (1976), a variabilidade dos patógenos é uma grande limitação em programas de melhoramento de plantas para resistência às doenças. As alterações em variedades tidas como resistentes, passando a susceptíveis não são devidas a mudanças em si mesmas, mas às modificações genéticas no agente causador da doença.

O Centro Nacional de Pesquisa em Mandioca e Fruticultura Tropical (CNPMT), no Brasil, afirma que o uso de variedades diferenciadoras não tem conseguido agrupar isolados do patógeno em raças (CNPMT, 1997). Porém, Dias (2000) ao inocular três cultivares de bananeiras, Gros Michel, Bluggoe e Grand Naine, diferenciadoras das raças 1, 2 e 4 do patógeno, respectivamente, sob telado, com seis isolados de diferentes estados brasileiros, chegou à conclusão que dos seis isolados utilizados, somente o isolado do Estado de Pernambuco, não pode ter sua raça identificada como a raça 1, enquanto que os demais assim o tiveram.

Considerações finais

A resistência à Murcha de *Fusarium* é de alta prioridade no programa de melhoramento genético brasileiro, visto que o emprego de diversas formas de controle da doença tem-se mostrado pouco eficiente e antieconômico. Desta forma, o uso de cultivares resistentes à doença seria o método mais adequado para o seu controle. Porém, antecipando a utilização de cultivares resistentes à Murcha de *Fusarium*, é requerido um prévio conhecimento da variabilidade patogênica ou da identificação das raças fisiológicas prevalentes na região em que se pretende utilizá-las (Buddenhagen, 1993).

A literatura científica estrangeira dispõe de apreciável número de trabalhos experimentais sob condições laboratoriais, relativos a grupos de compatibilidade vegetativa, visando o estudo da variabilidade de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (FOC). No Brasil, porém, esse assunto tem sido pouco explorado, podendo mesmo estar sendo subestimado.

A compatibilidade vegetativa é tida como uma importante ferramenta no estudo da diversidade de populações de FOC, porém, em consequência da grande variabilidade apresentada pelo patógeno, torna-se necessário a complementação

destes estudos, através da utilização de técnicas moleculares, para um melhor reconhecimento dos seus resultados.

Quanto à caracterização patogênica de FOC, considerando os resultados obtidos por Dias (2000) dentro das condições experimentais de inoculação desenvolvidas em telado, verifica-se que é possível desenvolver um método que substitua os atualmente utilizados no campo, em áreas naturalmente infestadas, de forma a mostrar os sintomas típicos da doença em curto espaço de tempo. Constata-se que o método é eficiente, pois houve correspondência na reação dos cultivares inoculados em telado, em cerca de 60 dias, resultados que demandariam o dobro do tempo se o estudo fosse executado na forma tradicional, em campo. Porém, existe a necessidade de maiores estudos quanto aos resultados obtidos com inoculações em plantas com idades diferentes daquela utilizada no experimento. Um outro ponto a considerar também seria avaliar a correspondência na reação de cultivares quando inoculados com heterocários resultantes de estudos de compatibilidade vegetativa entre os vários isolados de FOC, de forma a se verificar a variabilidade do patógeno quanto à patogenicidade e à variabilidade do hospedeiro em resposta aos mais variados comportamentos deste patógeno. O conhecimento da variabilidade do patógeno e do hospedeiro certamente possibilitará o monitoramento de toda e qualquer área na qual ocorra a introdução de diferentes materiais ou daqueles tidos como resistentes ao patógeno.

Diante do exposto, sugere-se a continuidade destes estudos de forma independente ou em conjunto com as mais variadas técnicas moleculares já existentes.

Referências bibliográficas

- AZEVEDO, J. L. **Variabilidade em fungos fitopatogênicos**. Summa Phytopathologica, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 3-15, jan. 1976.
- BENTLEY, S.; PEGG, K. G.; DALE, J. L. **Optimization of RAPD-PCR Fingerprinting to analyse genetic variation within populations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense***. Journal of Phytopathology, Berlin, v. 142, p. 64-78, 1994.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Mapeamento da Fruticultura Brasileira**. Brasília, 2000.
- BUDDENHAGEN, J. W. Banana breeding an *Fusarium* wilt. In: PLOETZ, R. C. ***Fusarium wilt of banana***. St. Paul, Minnesota: APS PRESS The American Phytopathological Society. p. 107-113. 1993.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE MANDIOCA E FRUTICULTURA TROPICAL-CNPMP. Banco de dados, ASE, 1997.

CORDEIRO, Z. J. M. Doenças e nematóides. In: ALVES, E. J. et al. **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa - SPI, 1997a. p. 69-86. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 18).

CORDEIRO, Z. J. M. **Variabilidade patogênica de isolados de *Mycosphaerella musicola* e resistência induzida e genética em genótipos de bananeira**. 1997b. 118 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba: 1997b.

CORRELL, J. C. The relationship between formae speciales, races, and vegetative compatibility groups in *Fusarium oxysporum*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, n. 9, p. 1061-1064, Sept. 1991.

CORRELL, J. C.; KLITTICH, C. J. R.; LESLIE, J. F. Nitrate nonutilizing mutants of *Fusarium oxysporum* and their use in vegetative compatibility tests. **Phytopathology**, St. Paul, v. 77, n. 12, p. 160-1646, Dec. 1987.

CORRELL, J. C.; PUHALLA, J. E.; SCHNEIDER, R. W. Vegetative compatibility groups among nonpathogenic root-colonizing strains of *Fusarium oxysporum*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 64, n. 64p. 2358-2361, Oct. 1986.

DIAS, J. do S. AZEVEDO. **Caracterização de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* com relação à compatibilidade vegetativa e à patogenicidade**. Lavras: UFLA, 2000. 85p.: il.

JACOBSON, D. J.; GORDON, T. R. *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*: a case study of diversity within a forma specialis. **Phytopathology**, St. Paul, v. 81, n. 9, p. 1064-1067, Sept. 1991.

LESLIE, J. F. **Genetic exchange within sexual and asexual populations of the genus *Fusarium***. In: PLOETZ, R. C. *Fusarium wilt of banana*. St. Paul, Minnesota: APS PRESS. The American Phytopathology Society, 1993a. p. 37-48.

NELSON, R.R. (Ed.) **Breeding plants for disease resistance - concepts and applications**. University Park and London: The Pennsylvania state University Press, 1971, 401p.

PEGG, K.G.; LANGDON. *Fusarium Wilt (Panama Disease): a review*. In: Persley, G. J.; De Langhe, E. A. **Banana and Plantain breeding strategies**. Camberra: ACITAR, 1987. INTERNATIONAL WORKSHOP HELD ET CAIRNS, 21, 1987, Austrália. **Proceedings...** ACIAR, 1987. 187p.

PEGG, G. K. ; MOORE, N. Y. ; BENTLEY, S. ***Fusarium wilt of banana in Australia: a review***. Australian Journal of Agricultural Research, Vitória, v. 47, n. 5, p. 637-50, 1996.

PLOETZ, R. C. **Panama disease: return of the first banana menace**. International Journal of Pest Management, London, v. 40, n. 4, p. 326-336, Oct-/Dec. 1994.

PLOETZ, R. C. **Population biology of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense***. In: PLOETZ, R. C. *Fusarium wilt of banana*. 2 ed. St. Paul, Minnesota: APS PRESS. The American Phytopathological Society. 1993b. p. 63-76.

PLOETZ, R. C. Roundtable sessions. In: PLOETZ, R. C. ***Fusarium wilt of banana***. 2 ed. St. Paul, Minnesota: APS PRESS. The American Phytopathological Society, 1993a. p. 135-138.

PLOETZ, R. C. Variability in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, St. Paul, v. 68, n. 6, p. 1357-1363, June. 1990.

PLOETZ, R. C. et al. Importance of *Fusarium wilt* in different banana- growing regions. In: PLOETZ, R. C. ***Fusarium wilt of banana***. St. Paul, Minnesota: APS PRESS. The American Phytopathological Society. p. 9-26. 1993c.

PLOETZ, R. C.; CORRELL, J. C. Vegetative compatibility among races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 72, p. 325-328, 1988.

PUHALLA, J.E. **Classification of strains of *Fusarium oxysporum* on the bases of vegetative compatibility**. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 63, n. 2, p. 179-183. Feb. 1985.

SILVA, C. R. de R. e. **Fruticultura tropical**. Lavras: UFLA/Faepe, 1997. 378p.

SILVA-HANLIN, M. W.; MENEZES, M.; HANLIN, R. T. ; RAMALHO-NETO, E. Ribosomal DNA sequencing data reveal low genetic variability among *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* isolates. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 534-539, dez. 1999.

STOVER, R. H. **Fusarium wilt of banana: some history and current status of the disease.** In: PLOETZ, R. C. *Fusarium wilt of banana*. St. Paul, Minnesota: APS PRESS. American Phytopathological Society. p. 1-7. 1993. v. 2.

STOVER, R. H. **Fusarial wilt (Panama disease) of bananas and other Musa species.** *Phytopathology Paper*, St. Paul, n. 4, p. 1-117, 1962.

STOVER, R. H. **Studies on Fusarium wilt of bananas. Iv. Clonal differentiation among wild type isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.** *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 37, n. 2, p. 245-255, Feb. 1959.

STOVER, R.H.; BUDDENHAGEN, I. W. **Banana breeding, polyploidy, disease resistance and productivity.** *Fruits*, Paris, v. 41, n. 3, p. 175-191, Mar. 1986.

STOVER, R. H.; MALO, S. E. **The occurrence of fusarial wilt in normally resistant "Dwarf Cavendish" banana.** *Plant Disease Repot*, v. 56, n. 12, p. 1000-1003, 1972.

SU, H. J.; HWANG, S. C.; KO, W. H. **Fusarial wilt of Cavendish bananas in Taiwan.** *Plant Disease*, St. Paul, v. 70, p. 814-818, 1986.

SUN, E. J.; SU, H. J. **Rapid method for determining differential pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* using banana plantlets.** *Tropical Agriculture*, Trinidad, v. 61, n. 1, p. 7-8, Jan. 1984.

SUN, E. J., SU, H. J.; KO, W. H. **Identification of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raça 4 from soil or host tissue by cultural characters.** *Phytopathology*, St. Paul, v. 68, n. 11, p. 1672-1673, Nov. 1978.

Glossário

Clone

É uma população geneticamente uniforme resultante da replicação do mesmo material genético.

Complementação

É a ação complementária entre dois genes.

Heterocário

É uma célula ou micélio contendo núcleos geneticamente diferentes em um citoplasma comum.

Mutação

É o principal mecanismo gerador de novos genes, por permitir a criação de novas sequências de nucleotídeos.

Mutação somática

É um mecanismo de variabilidade genética em organismos que se reproduzem assexuadamente.

Mutante

É uma célula ou organismo portador de alelos provenientes de mutação.

Mutantes auxotróficos

São variantes incapazes de crescer no meio mínimo, devido à falta de uma ou mais substâncias que eles não são capazes de sintetizar a partir de componentes mais simples.

Mutantes nit

Mutantes não utilizadores de nitrato.

Patogenicidade

É a capacidade de um organismo causar doença em determinados membros de uma espécie.

Raça fisiológica

É um grupo de linhagens patogênicas a um particular hospedeiro no campo.

Recombinação Parassexual

É um processo de recombinação alternativo para fungos que não apresentam o ciclo sexual.

Recombinação Sexual

É o processo de recombinação onde fungos que apresentam o ciclo sexual se reproduzem podendo combinar diferentes genes em um único indivíduo.

Variabilidade

É a capacidade de uma espécie, de uma população ou de uma progênie para expressar diferentes fenótipos.

Virulência

É o grau de ataque de um organismo no hospedeiro, após o processo de infecção.

VCG

Grupo de compatibilidade vegetativa.